

01.11.2004

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

REC'D 23 DEC 2004

WIPO

PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 3 年 1 1 月 1 3 日  
Date of Application:

出 願 番 号            特 願 2 0 0 3 - 3 8 3 9 0 7  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [J P 2 0 0 3 - 3 8 3 9 0 7]

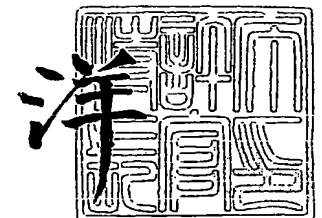
出 願 人            松下電器産業株式会社  
Applicant(s):

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 1 2 月 1 3 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願  
【整理番号】 2036450097  
【提出日】 平成15年11月13日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 H05B 33/10  
【発明者】  
    【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内  
    【氏名】 上野 巖  
【発明者】  
    【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内  
    【氏名】 加藤 純一  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000005821  
    【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社  
【代理人】  
    【識別番号】 110000040  
    【氏名又は名称】 特許業務法人 池内・佐藤アンドパートナーズ  
    【代表者】 池内 寛幸  
    【電話番号】 06-6135-6051  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 139757  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1  
    【包括委任状番号】 0108331

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

強誘電体層と、無機蛍光体粒子を含む多孔質発光体層と、複数の電極を含む発光素子であって、

前記複数の電極は、一对の電極と、他の電極を含み、

前記一对の電極は前記強誘電体層の少なくとも一部に電界が印加されるように配置され、

前記他の電極は、前記一对の電極の少なくとも一方との間に存在する前記多孔質発光体層の少なくとも一部に電界が印加されるように配置されていることを特徴とする発光素子。

**【請求項 2】**

前記一对の電極が強誘電体層に配置されている請求項 1 に記載の発光素子。

**【請求項 3】**

前記一对の電極のうち、一方が強誘電体層と多孔質発光体層の境界に配置され、他方が誘電体層に配置されている請求項 1 に記載の発光素子。

**【請求項 4】**

前記他の電極が多孔質発光体層に配置されている請求項 1 に記載の発光素子。

**【請求項 5】**

前記一对の電極が強誘電体層と多孔質発光体層の境界を挟んで形成されている請求項 1 に記載の発光素子。

**【請求項 6】**

前記一对の電極がともに強誘電体層と多孔質発光体層の境界に形成されている請求項 1 に記載の発光素子。

**【請求項 7】**

前記一对の電極のうち、一方の電極が強誘電体層と多孔質発光体層の境界に形成され、他方の電極が強誘電体層に形成されている請求項 1 に記載の発光素子。

**【請求項 8】**

前記多孔質発光体層は、前記多孔質発光体層表面につながる連続する細孔と、前記細孔に充填されている気体と、蛍光体粒子により構成されている請求項 1 に記載の発光素子。

**【請求項 9】**

前記細孔に充填されている気体は、大気、不活性ガスの少なくとも一種類及び減圧気体から選ばれる少なくとも一つの気体である請求項 8 に記載の発光素子。

**【請求項 10】**

前記強誘電体層は、強誘電体の焼結体で構成されている請求項 1 に記載の発光素子。

**【請求項 11】**

前記強誘電体層は、強誘電体粒子と結合剤により構成されている請求項 1 に記載の発光素子。

**【請求項 12】**

前記強誘電体層は、薄膜で形成されている請求項 1 に記載の発光素子。

**【請求項 13】**

前記多孔質発光体層は、蛍光体粒子と前記蛍光体粒子表面の絶縁層により構成されている請求項 1 に記載の発光素子。

**【請求項 14】**

前記多孔質発光体層は、蛍光体粒子と絶縁性繊維により構成されている請求項 1 に記載の発光素子。

**【請求項 15】**

前記多孔質発光体層は、蛍光体粒子と前記蛍光体粒子表面の絶縁層と絶縁性繊維により構成されている請求項 1 に記載の発光素子。

**【請求項 16】**

前記一对の電極への分極反転のための電界の印加により、強誘電体層から電子が放出さ

れ、放出された電子が多孔質発光体層で雪崩的に沿面放電を発生させて、前記沿面放電により発生した電子が蛍光体粒子に衝突し前記多孔質発光体層が発光する請求項 1 に記載の発光素子。

【請求項 17】

前記発光を大気中、不活性ガス雰囲気中及び減圧気体から選ばれる少なくとも一種類のガス雰囲気中で実施する請求項 1 に記載の発光素子。

【請求項 18】

前記一对の電極間に分極が反転する電界を印加した後、他の電極と前記一对の電極の少なくとも一方の電極との間に交番電界を印加する請求項 1 に記載の発光素子。

【書類名】明細書

【発明の名称】発光素子

【技術分野】

【0001】

本発明は発光素子に関する。特に構成が簡単で製造が容易であり、かつ低消費電力である大型ディスプレイの単位画素を構成する発光素子に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、大型のフラットディスプレイとして液晶ディスプレイやプラズマディスプレイが広く使用されるようになってきているが、さらに高画質、高効率であるディスプレイを追求する開発が進められている。このようなディスプレイの候補として、エレクトロルミネッセンスディスプレイ（ELD）や電界放出ディスプレイ（FED）がある。非特許文献1にはELDについて、概ね次のように記載されている。前者は発光層である蛍光体に絶縁層を介して電界を加える構造を基本とするものであり、有機分散型と薄膜型が知られている。有機分散型は不純物のCuなどを添加したZnSの粒子を有機物中に分散させ、この上に絶縁層を形成し、上下の電極で挟持する構造を有する。不純物は蛍光体粒子中にpn接合を形成し、電界が印加されると接合面に発生する高電界により放出された電子が加速されたのち、正孔と再結合して発光する。後者は発光層であるMnドープZnSなどの蛍光体薄膜が絶縁体層を介して電極を配置する構造を有している。絶縁体層が存在することにより発光層には高電界を印加することが可能となり、電界で加速された放出電子が発光中心を励起し発光する。一方、FEDは真空容器中に電子放出素子とこれに対向させた蛍光体よりなる構造を有し、電子放出素子より真空中に放出された電子を加速して蛍光体層に照射し発光させる。

【0003】

いずれのデバイスも電子放出が発光のきっかけとなるため、低電圧、高効率で電子を放出する技術が重要である。このような技術として強誘電体の分極反転による電子放出が着目されている。例えば、下記非特許文献2には、図9で示すように、一方の面に配置された平面電極102と他方の面に配置された格子状電極103を有するPZTセラミック101を真空容器106中でグリッド電極105を介して白金電極104に対向させ、電極間にパルス電圧を印加することにより、電子が放出されることを提案している。107は排気口である。同提案によれば、容器内の圧力は $1.33\text{Pa}(10^{-2}\text{Torr})$ であり、大気圧では放電しないと記載されている。

【0004】

強誘電体の分極反転により放出される電子を真空容器中で加速し、蛍光体層を発光させること、あるいはこの発光を用いたディスプレイは、下記特許文献1や下記特許文献2にも記載されているが、基本的な構成は非特許文献2の白金電極に代えて、蛍光体層を有する電極とする構成により、蛍光体層を発光させる。

【0005】

一方、強誘電体の分極反転による放出電子を非真空中で用いた発光素子は例えば、下記特許文献3に電気発光面光源素子として開示されている。この素子は、図10に示すように、基板115上に下部電極112、強誘電体薄膜111、上部電極113、キャリア増倍層118、発光層114、透明電極116の順で形成されており、上部電極は開口部117を有している。下部電極と上部電極間の印加電圧パルスを反転させることにより電子が上部電極開口部よりキャリア増倍層に放出され、さらに透明電極に印加された正の電圧により加速され、電子を増倍しつつ発光層に達して発光する。キャリア増倍層は誘電率が比較的low、かつ発光層で放出される発光波長を吸収しないバンドギャップを有する半導体で構成されていることが記載されている。この素子は、一種のELDと考えることができる。また、特許文献4には、スパッタにより形成された蛍光体からなる発光層を表裏の絶縁層で挟持してパルス電界を印加する構成において、一方の絶縁体が強誘電体薄膜からなる構成が開示されている。

【特許文献1】特開平05-216530号公報

【特許文献2】米国特許第5453661号明細書

【特許文献3】特開平06-283269号公報

【特許文献4】特開平08-083686号公報

【非特許文献1】松本正一編著、「電子ディスプレイ」、オーム社、平成7年7月7日、p. 113-125

【非特許文献2】Jun-ichi Asano 他, 'Field-Excited Electron Emission from Ferroelectric Ceramic in Vacuum' Japanese Journal of Applied Physics Vol.31 Part 1 p.3098-3101, Sep/1992

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

前記従来技術において、真空を要するものは構造が複雑でかつ高価となるといった問題がある。例えば、プラズマディスプレイは大型のパネルを構成できるが、真空容器を必要とし、かつ放電空間を形成する必要があるため、構造が複雑で、高価なものとなっている。また、プラズマディスプレイは放電エネルギーが一旦紫外線エネルギーに変換され、紫外線が蛍光体の発光中心を励起する機構により発光するため、発光効率を高くすることが困難であり、大型ディスプレイとしたとき消費電力が大きいという問題がある。

【0007】

また、薄膜ELを用いるものは、薄膜形成プロセスを用いるため、設備が大型になるという問題がある。さらに大画面のディスプレイが困難であり、未だ製品化されたものは知られていない。

【0008】

本発明は、前記のような薄膜プロセスや真空系やキャリア倍増層を必要としない構造であり、製造が容易である発光素子を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の発光素子は、強誘電体層と、無機蛍光体粒子を含む多孔質発光体層と、複数の電極を含む発光素子であって、前記複数の電極は、一対の電極と、他の電極を含み、前記一対の電極は前記強誘電体層の少なくとも一部に電界が印加されるように配置され、前記他の電極は、前記一対の電極の少なくとも一方との間に存在する前記多孔質発光体層の少なくとも一部に電界が印加されるように配置されていることを特徴とする。

【発明の効果】

【0010】

本発明は、多端子発光素子を提供でき、この発光素子は、沿面放電による発光であるために、薄膜形成プロセスや真空系やキャリア倍増層を必要とせず、製造も容易である発光素子を提供できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

本発明の発光素子は強誘電体層と多孔質発光体層と一対の電極と、他の電極を含む発光素子であって、前記多孔質発光体層は無機蛍光体粒子を含み、前記一対の電極は前記強誘電体層の少なくとも一部に電界が印加されるように配置され、かつ前記他の電極は前記他の電極と前記一対の電極の少なくとも一方との間において、前記多孔質発光体層の少なくとも一部に電界が印加されるように配置されている。すなわち、例えば3端子発光素子等の多端子発光素子である。上記のように構成することにより、一対の電極間に分極が反転する電界を印加すると、まず強誘電体層から分極反転による電子の放出が起こる。その後、他の電極と前記一対の電極の少なくとも一方の間に交番電界を印加することにより、放出された電子が多孔質発光体層で雪崩的に沿面放電を発生させる。最後に加速された電子が発光中心を励起して前記多孔質発光体層が発光する。

【0012】

前記一对の電極は、強誘電体層に配置されていてもよい。前記一对の電極のうち、一方は強誘電体層と多孔質発光体層の境界に配置され、他方が誘電体層に配置されていてもよい。また、前記他の電極は多孔質発光体層に配置されていてもよい。また、前記一对の電極は、強誘電体層と多孔質発光体層の境界を挟んで形成されていてもよい。また、前記一对の電極は、ともに強誘電体層と多孔質発光体層の境界に形成されていてもよい。さらに、前記一对の電極のうち、一方の電極が強誘電体層と多孔質発光体層の境界に形成され、他方の電極が強誘電体層に形成されていてもよい。

#### 【0013】

前記多孔質発光体層は、前記多孔質発光体層表面につながる連続する細孔と、前記細孔に充填されている気体と、蛍光体粒子により構成されていてもよい。前記細孔に充填されている気体は、大気、不活性ガスの少なくとも一種類及び減圧気体から選ばれる少なくとも一つの気体とすることができる。

#### 【0014】

前記強誘電体層は、強誘電体の焼結体で構成されていてもよい。また、前記強誘電体層は、強誘電体粒子と結合剤により構成されていてもよい。また、前記強誘電体層は、薄膜で形成されていてもよい。また、前記多孔質発光体層は、蛍光体粒子と前記蛍光体粒子表面の絶縁層により構成されていてもよい。また、前記多孔質発光体層は、蛍光体粒子と絶縁性繊維により構成されていてもよい。また、前記多孔質発光体層は、蛍光体粒子と前記蛍光体粒子表面の絶縁層と絶縁性繊維により構成されていてもよい。

#### 【0015】

前記一对の電極への分極反転のための電界の印加により、強誘電体層から電子が放出され、放出された電子が多孔質発光体層で雪崩的に沿面放電を発生させて、前記沿面放電により発生した電子が蛍光体粒子に衝突し前記多孔質発光体層が発光するのが好ましい。前記発光を大気中、不活性ガス雰囲気中及び減圧気体から選ばれる少なくとも一種類のガス雰囲気中で実施してもよい。また、前記一对の電極間に分極が反転する電界を印加した後、他の電極と前記一对の電極の少なくとも一方の電極との間に交番電界を印加するのも好ましい。

#### 【0016】

以下本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

#### 【0017】

##### (実施の形態1)

図1を参照しながら本発明における第一の実施の形態、すなわち一对の電極AとBが強誘電体層の上面に配置されていて、この一对の電極を介して多孔質発光体層が積層され、この多孔質発光体層の上面に他の電極が配置されている場合について説明する。

#### 【0018】

図1は本実施の形態における発光素子1の断面図である。40と41是一对の電極であり、40はA電極、41はB電極、11は蛍光体粒子、12は電気的絶縁体層、23は多孔質発光体層、50は強誘電体層および70は他の電極としてのC電極である。多孔質発光体層23は蛍光体粒子11またはこれを主成分とするものから構成されていて、本実施の形態においては蛍光体粒子11の表面を絶縁体層12で被覆したものを使用した。

#### 【0019】

蛍光体粒子11は平均粒径が $2 \sim 3 \mu\text{m}$ の $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}^{2+}$  (青)、 $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}^{2+}$  (緑)、 $\text{YBO}_3:\text{Eu}^{3+}$  (赤) の3種類の無機化合物を所望の発光を得るために、それぞれ単独またはそれらを混合したものをを用いることが可能である。

#### 【0020】

本実施の形態においては前記青色の蛍光体粒子11を使用し、その表面に $\text{MgO}$ からなる絶縁性無機物の絶縁体層12を形成したものを使用した。 $\text{Mg}$  プレカーサー錯体溶液に蛍光体粒子11を加えて長時間にわたって攪拌し、取り出して乾燥後、大気中において $400 \sim 600^\circ\text{C}$ で熱処理することにより、 $\text{MgO}$ の均一なコーティング層、すなわち絶縁体層12を蛍光体粒子11の表面に形成させた。

## 【0021】

まず、図1に示す本実施の形態1における発光素子の製造方法について説明する。絶縁体層12がコーティングされた蛍光体粒子11を50wt%とコロイダルシリカ水溶液を50wt%混合してスラリー化する。次に、A電極40とB電極41が形成された直径15mmφで厚み1mmの強誘電体層50（BaTiO<sub>3</sub>を主成分とする板状の焼結体で、その上面にAg電極ペーストを厚さ30μmに焼き付けてA電極40とB電極41を形成したもの）に一对の電極、すなわちA電極40とB電極41を介して前記スラリーを塗布し、乾燥機で120～150℃の温度で10～30分間乾燥することにより、強誘電体層50に厚さが約100μmの多孔質発光体層23を積層させた。さらに、多孔質発光体層23の上面に透明C電極（インジウム-錫酸化物合金（ITO）、厚さ0.1μm）70が塗布されたガラス（図示せず）を積層し、結果として一对のA、B電極40、41が強誘電体層50と多孔質発光体層23の境界に形成され、他の電極としてのC電極70が多孔質発光体の上面に形成された図1に示すような発光素子1を得た。その際、後述するように、多孔質発光体層として蛍光体粒子粉末を担持させた無機繊維板を利用してもよい。

## 【0022】

次に、この発光素子1の発光作用について説明する。発光素子1を駆動するために、A電極40とB電極40の間に分極が反転する電界を印加する。このような電圧の印加により、強誘電体層50で分極反転により電子が放出される。その後、他の電極、すなわちC電極70と前記一对の電極の少なくとも一方の間に交番電界を印加することにより、放出された電子が多孔質発光体層23に入り、多孔質発光体層23内で沿面放電が発生する。この沿面放電は連鎖的に継続して生じ、加速された電子が発光中心に衝突し前記発光体層23が励起されて発光する。その際、紫外線や可視光線も発生する。

## 【0023】

このとき印加する交番電界の波形を正弦波やノコギリ波から矩形波に変えることにより、また周波数を数十Hzから数千Hz上げることで分極反転時の電子放出や沿面放電がより激しく生じ、発光輝度が向上する。

## 【0024】

また、交番電界の電圧値を上げるに従いバースト波が発生する。バースト波は強誘電体層50の分極反転時に発生するもので、発生周波数は正弦波ではピークの直前、ノコギリ波や矩形波ではピーク時に発生し、バースト波の電圧を上げるに従い発光輝度が向上した。いったん沿面放電が開始されると上述したように連鎖的に放電が繰り返され、絶えず紫外線や可視光線を発生するので、光線による蛍光体粒子23の劣化を抑制する必要がある、発光開始後には電圧を低減させる方が好ましい。

## 【0025】

本実施の形態においては分極反転に際して、強誘電体層50の厚みに対して約0.65～1.3kV/mmの電界を印加する。その後、交流電源を用いて発光素子1の厚さに対して約0.5～1.0kV/mmの交番電界を印加させることにより、電子放出と沿面放電が発生し、続いて発光が開始された。なお、分極反転の際に印加する電界は大きい方が電子の発生を促進するが、小さすぎると電子の放出は不十分になる。

## 【0026】

また、放電時の電流値は0.1mA以下であった。また、発光がはじまると電圧を印加時の50～80%に低下させても発光が継続し、高輝度、高コントラスト、高認識性、高信頼性の発光であることが確認された。青色換算で、2～5lm/Wの発光効率を持った発光デバイスを作製することが可能となった。

## 【0027】

本実施の形態1においては駆動を大気中で行ったが、不活性ガス中や、減圧気体中で実施しても同様に発光することを確認した。

## 【0028】

本実施の形態1における発光素子1は、構造的に無機EL（ELD）に近い構造であるが、構成やメカニズムが全く異なる。まず、構成に関しては既に背景技術で記載したよう

に無機ELに使用される蛍光体は $\text{ZnS:Mn}^{2+}$ 、 $\text{GaP:N}$ などに代表されるように半導体からなる蛍光体であるが、本実施の形態1における蛍光体粒子は絶縁体または半導体のいずれでもよい。すなわち、極端に抵抗値の低い半導体の蛍光体粒子を用いる際においても、既述したように蛍光体粒子が絶縁性無機物である絶縁体層で均一に被覆されているために短絡することなく沿面放電により継続して発光させることができる。また、蛍光体層に関して無機ELではサブミクロン～数 $\mu\text{m}$ の厚みであるのに対して、本実施の形態では数 $\mu\text{m}$ ～数百 $\mu\text{m}$ の多孔質体である。さらに、本実施の形態では蛍光体層が多孔質である点である。

#### 【0029】

多孔質の形態については後記するがSEM（走査型電子顕微鏡）で観察した結果から蛍光体粒子が点接触した程度のパッキングである。

#### 【0030】

また、蛍光体粒子として現行のプラズマディスプレイ（PDP）で使用されている紫外線発光の粉体を用いたが、陰極線管（CRT）で使用されている $\text{ZnS:Ag}$ （青）や $\text{ZnS:Cu}$ 、 $\text{Au}$ 、 $\text{Al}$ （緑）、 $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}$ （赤）でも同様の発光を確認した。CRT用の蛍光体では抵抗値が低いために沿面放電が発生しにくい、従って蛍光体の表面を絶縁層12でコーティングすることで沿面放電の発生を容易にさせ発光させることが望ましい。

#### 【0031】

本発明は強誘電体の分極反転で放出される電子を基点として雪崩的に沿面放電が発生し発光に至る発光素子である。従って、分極反転以外に電子を衝突させる新たな機能を有するシステムを多孔質蛍光体層23に付加すれば容易に発光するものと予想される。

#### 【0032】

なお、本実施の形態においては蛍光体粒子11のスラリーを作製するに当たり、コロイダルシリカ水溶液を使用した。有機溶剤を使用しても同様の結果が得られることを確認した。蛍光体粒子50wt%に対して $\alpha$ -テレピネオール45wt%、エチルセルロース5wt%を混練したスラリーを使用し、強誘電体層50の表面にスクリーン印刷を行い、大気中で400～600℃、10～60分熱処理することで数 $\mu\text{m}$ ～数十 $\mu\text{m}$ の厚みの多孔質発光体層23を作製することができる。この場合、熱処理温度を上げすぎると蛍光体の変質が起こりやすいので温度管理と熱処理雰囲気管理が重要となる。なお、この有機系スラリーに無機繊維18を含有させても同様の結果が得られる。

#### 【0033】

また、本実施の形態では強誘電体として $\text{BaTiO}_3$ を用いたが、PZT（ $\text{PbZrO}_3$ ）や $\text{PbTiO}_3$ などの強誘電体を用いても同様の効果が得られることを確認した。また、強誘電体層には焼結体を使用してもよいし、スパッタ、CVD、蒸着、ゾル・ゲル等の薄膜形成プロセスで得られた強誘電体層を利用してもよい。

#### 【0034】

本実施の形態においては強誘電体層として焼結体を使用した。強誘電体の粉体と結合剤からなる構成を採用しても発光が可能である。すなわち、Al金属基板上に、 $\text{BaTiO}_3$ 粉末40wt%に対してガラス粉末15wt%を混合した粉体に $\alpha$ -テレピネオール40wt%、エチルセルロース5wt%を混練したスラリーを塗布し、乾燥後大気中において400～600℃で熱処理することにより、強誘電体粒子と結合剤から構成される強誘電体層を用いることも可能である。

#### 【0035】

また、本実施の形態では青色の蛍光体粒子を用いたが、赤または緑を用いても同様の効果が有ることが分かった。なお青、赤、緑の混合粒子でも同様の効果が有った。本実施の形態の発光素子によれば、沿面放電による発光であるために、従来のような蛍光体層形成に薄膜形成プロセスを用いることがなく、真空系やキャリア増層を必要としないので構造が簡単であり、加工も容易である。

#### 【0036】

### (実施の形態2)

次に、第二の実施の形態について、図2を参照しながら製造方法と発光作用について説明する。本実施の形態においては強誘電体層の上面と下面に一对の電極としてのA電極40とB電極41をそれぞれ形成した。図1と同一の符号の説明は省略することがある。実施の形態1において使用したものと同様の強誘電体50を用いて、その上面の中央部にA電極40、下面の全面にB電極をAgペーストの印刷と焼付けにより、実施の形態1と同様にそれぞれ形成した。その後、A電極40を介して実施の形態1で用いた蛍光体粒子11を含有するスラリーを塗布し、乾燥機で120～150℃の温度において10～30分間乾燥することで、強誘電体層50に厚さが約100μmの多孔質発光体層23を積層させた。しかるのちに、実施の形態1と同様に多孔質発光体層23の上面に透明C電極70（インジウム－錫酸化物合金（ITO）、厚さ0.1μm）が塗布されたガラス板（図示せず）を積層した。その結果、一对のA、B電極40、41が強誘電体層50の両面に形成され、この強誘電体の上面にA電極40を介して多孔質発光体層23が積層され、さらにその多孔質発光体の上面に他の電極としてのC電極が形成されている図2に示すような断面の構造を有する発光素子1を得た。

#### 【0037】

発光素子1を駆動するために、実施の形態1と同様にA電極40とB電極40の間に分極が反転する電界を印加する。このような電圧の印加により、強誘電体層50で分極反転により電子が放出される。その後、他の電極、すなわちC電極70と前記一对の電極の少なくとも一方の間に交番電界を印加することにより、放出された電子が多孔質発光体層23に入り、多孔質発光体層23内で沿面放電が発生する。この沿面放電は連鎖的に継続して生じ、加速された電子が発光中心に衝突し前記発光体層23が励起されて発光する。その際、紫外線や可視光線も発生する。

#### 【0038】

本実施の形態においては、上述したように実施の形態1の場合と同様に印加する交番電界の波形を正弦波やノコギリ波から矩形波に変えることや周波数を数十Hzから数千Hz上げることで分極反転時の電子放出や沿面放電がより激しく発生し、発光輝度が向上する。また、交番電界の電圧値を上げるに従いバースト波が発生する。バースト波は強誘電体層50の分極反転時に発生するもので、発生周波数は正弦波ではピークの直前、ノコギリ波や矩形波ではピーク時に発生し、バースト波のピーク電圧を上げるに従い発光輝度が向上した。

#### 【0039】

いったん沿面放電が開始されると連鎖的に放電が繰り返され、絶えず紫外線や可視光線を発生するので、光線による蛍光体粒子11の劣化を抑制する必要がある、発光開始後には電圧を低減させる方が好ましい。

#### 【0040】

本実施の形態においては強誘電体層50の厚さに対して約0.84～1.4kV/mmの電圧をA電極とB電極に印加することにより分極反転による電子の放出が行われ、しかるのちに、A電極またはB電極のいずれか一方とC電極に発光素子1の厚さに対して約0.7～1.2kV/mmの交番電界を印加することにより沿面放電が発生し、続いて発光が開始された。

#### 【0041】

また、放電時の電流値は0.1mA以下であり、発光がはじまると電圧を印加時の50～80%に低下させても発光が継続し、高輝度、高コントラスト、高認識性、高信頼性の発光であることが確認された。青色換算で、2～5lm/Wの発光効率を持った発光デバイスを作製することが可能となった。

#### 【0042】

本実施の形態の発光素子においては図2に示すように、強誘電体層50の上面に形成するA電極40は全面に形成するのではなく部分的に形成する。その理由は分極反転により放出される電子が電極自体によって遮蔽されることを抑制し、多孔質発光体層に効率よく導

入させるためである。なお、上述のように部分的に電極を形成する代わりに、メッシュ状の電極にしてもよく、分極反転で発生した電子が円滑に多孔質発光体層23に放出される形状のものであればよい。

#### 【0043】

なお、図2において交番電圧を印加する際、A電極40とC電極70の間に印加する場合とB電極41とC電極70の間に印加する場合では輝度はほとんど変わらなかった。

#### 【0044】

(実施の形態3)

次に、図3を参照しながら第三の実施の形態、すなわち一对の電極AとBが強誘電体層の下面に配置されていて、上面に多孔質発光体層が積層され、この多孔質発光体層の上面に他の電極が配置されている場合について説明する。

#### 【0045】

本実施の形態においては既述した実施の形態1と同様に蛍光体粒子の表面を絶縁層3で被覆したものを使用した。すなわち、蛍光体粒子はMgOの均一なコーティング層をその表面に形成させた。

#### 【0046】

本実施の形態における発光素子の製造方法について図3を参照しながら説明する。絶縁体層12で均一に被覆された蛍光体粒子11を50wt%とコロイダルシリカ水溶液を50wt%混合しスラリー化する。次にA電極40とB電極41が形成された直径15mmφで厚み1mmの強誘電体層50(BaTiO<sub>3</sub>を主成分とする板状の焼結体で、その下面にAg電極ペーストを30μmの厚さになるように焼付けてA電極40とB電極41を形成したもの)の上面に前記スラリーを塗布し、乾燥機を用いて120~150℃の温度で10~30分間乾燥することで、強誘電体層50に厚さが約100μmの多孔質発光体層23を積層させた。しかるのちに、多孔質発光体層23の上面に透明C電極(インジウム-錫酸化物合金(ITO)、厚さ0.1μm)70が塗布されたガラス(図示せず)を積層した。その結果、一对のA、B電極40、41が強誘電体層50の下面に形成され、強誘電体層50の上面には多孔質発光体層23が積層され、さらに、多孔質発光体層23の上面には他の電極としてのC電極が形成された図3に示すような発光素子1を得た。

#### 【0047】

次に、この発光素子1の発光作用について説明する。発光素子1を駆動するために、まずA電極40とB電極41の間に分極が反転する電界を印加する。このような電圧の印加により、強誘電体層50で分極反転により電子が放出される。その後、他の電極、つまりC電極70と前記一对の電極の少なくとも一方の間に交番電界を印加することにより、放出された電子が多孔質発光体層23に入り、多孔質発光体層23内で沿面放電が発生する。この沿面放電は連鎖的に継続して起こり、加速された電子が発光中心に衝突し、前記発光体層23が励起されて発光する。その際、紫外線や可視光線も発生する。

#### 【0048】

このとき印加する交番電界の波形を正弦波やノコギリ波から矩形波に変えること、または周波数を数十Hzから数千Hz上げることにより分極反転時の電子放出や沿面放電が一層激しく生じ、発光輝度が向上した。

#### 【0049】

また、交番電界の電圧値を上げるに従いバースト波が発生する。バースト波は強誘電体層50の分極反転時に発生するもので、発生周波数は正弦波ではピークの直前、ノコギリ波や矩形波ではピーク時に発生し、バースト波の電圧を上げるに従い発光輝度が向上した。

。いったん沿面放電が開始されると上述したように連鎖的に放電が繰り返され、絶えず紫外線や可視光線が発生するので、光線による蛍光体粒子23の劣化を抑制する必要がある、発光開始後には電圧を低減させる方が好ましい。

#### 【0050】

本実施の形態においては分極反転に際し、強誘電体層50の厚みに対して約0.4~0

． 8 kV/mmの電界を印加し、その後、交流電源を用いて発光素子 1 の厚さに対して約 0.5～1.0 kV/mmの交番電界を印加させることにより、電子放出と沿面放電が発生し、続いて発光が開始された。なお、分極反転において印加する電界は大きい方が電子の発生を促進するが、小さすぎると電子の放出は不十分になる。

#### 【0051】

また、放電時の電流値は 0.1 mA以下であった。また、発光がはじまると電圧を印加時の 50～80%に低下させても発光が継続し、高輝度、高コントラスト、高認識性、高信頼性の発光であることが確認された。青色換算で、2～5 lm/Wの発光効率を持った発光デバイスを作製することが可能となった。

#### 【0052】

次に、本発明の多孔質発光体層に関して比較例としての実験を行ったので、その結果を以下に説明する。

#### 【0053】

##### (比較例)

比較例として、積層チップコンデンサの絶縁破壊試験で使用するシリコンオイル含漬を実施した。すなわち積層チップコンデンサでは絶縁破壊電圧を測定する場合、沿面放電が頻繁に発生し、真の絶縁破壊電圧値が測定できない。そこで、素子の細孔部にシリコンオイルを含漬させ沿面放電が発生しない状態で真の絶縁破壊電圧値を求める。この方法を利用して、実施の形態 1 乃至 3 における発光素子を用いて、多孔質発光体層 23 の細孔の気体をシリコンオイルで置換した。発光素子をシリコンオイルに数分間浸漬した後に発光素子表面のシリコンオイルを拭き取り、前記の実施の形態と同様の交番電界を印加した。

#### 【0054】

まず、分極反転のための電界を印加してから、交番電界の電圧を上げるとバースト波が発生し、強誘電体層から電子が放出されていることが確認できたが、沿面放電が全く発生しなかった。沿面放電が発生しても多孔質発光体層の内部ではなく、表面部分に発生するために発光を確認できなかった。さらに、印加電圧を上げ続けると一瞬のうちに絶縁破壊を起し、発光素子にクラックが発生して素子が破壊した。

#### 【0055】

一方、シリコンオイルに浸漬した発光素子をアセトン等の有機溶剤で洗浄し、細孔部に再度気体を充填させた場合には容易に発光することから、発光素子は元の状態に復帰することを確認した。その際、細孔部を真空にしても同様に発光した。

#### 【0056】

また、細孔部に導電性の溶液、例えば酢酸水溶液を含漬させると、短絡を起こして全く発光しなかった。

#### 【0057】

以上のことから、本発明の構成における発光素子としての特徴は多孔質発光体層が表面に連続した細孔を有し、かつその細孔に気体が充填されていること、または真空であることという点である。外部から放出された電子が多孔質発光体層内部に突入すると、電子は細孔部分に沿って雪崩的に沿面放電を繰り返し加速される。そして、このように加速された電子が蛍光体粒子の発光中心に衝突し励起発光する。細孔部分にシリコンオイルや導電性溶液が充填された状態では電子の移動が困難であること、または短絡が発生することにより沿面放電が起こらず、結果として多孔質発光体は発光しない。

#### 【0058】

上記の実施の形態においては細孔部の大きさが数百  $\mu\text{m}$  以下であるが、数 mm 以上の大きさになると空気放電に至り、発光素子が破壊する場合が有るので注意が必要になる。経験的には蛍光体粒子が点接触するようなパッキングが発光には好都合であり、理想的には空隙率が 40～90%程度の多孔質が望ましい。

#### 【0059】

また、実施の形態 1 乃至 3 で述べたように、蛍光体粒子 11 の表面に絶縁層 12 を設ける理由は、a. 蛍光体粒子 11 の表面抵抗を上げ沿面放電が発生しやすいようにするため

、b. 蛍光体粒子を絶縁破壊や紫外線から保護するため、c. MgOの様な二次電子放出作用により電子をより多く放出させ結果として沿面放電をより発生しやすいようにするためである。

#### 【0060】

多孔質発光体層23の厚さは特に限定されるものではないが、 $10\mu\text{m}\sim 3\text{mm}$ の範囲で発光することを確認した。もちろん短絡が発生しなければ、数 $\mu\text{m}$ から発光する。

本発明における上述の実施の形態ではいずれも多孔質発光体層を使用しているために、あえて真空中において発光させる必要がなく大気中でも発光する。また、多孔質発光体層の内部で沿面放電が雪崩的に発生するために、キャリア増層層も必要がない。

#### 【0061】

本発明の発光素子は真空封入や高電圧の印加を必ずしも必要としないものであり、大気中において高輝度、高コントラスト、高認識性、高信頼性の得られる発光体として期待される。また、有機ELや無機ELに比較すると、構造が簡単である点においても優れている。

#### 【0062】

##### (実施の形態4)

図4を参照しながら本発明の第四の実施の形態について説明する。本実施の形態は一对の電極のうち的一方の電極、すなわちB電極41が強誘電体層の下面に配置されていて、この強誘電体層の上面に多孔質発光体層が積層され、この多孔質発光体層の上面に一对の電極のうちの残りの電極、すなわちA電極40と他の電極としてのC電極70が配置されている場合に相当する。

#### 【0063】

本実施の形態においては既述した実施の形態1と同様に蛍光体粒子の表面を絶縁層3で被覆したものを使用した。すなわち、MgOの均一なコーティング層を青色蛍光体粒子の表面に実施の形態1と同様の方法で形成させた。

#### 【0064】

本実施の形態における発光素子の製造方法については、まず上述の絶縁層12で均一に被覆された蛍光体粒子11を50wt%とコロイダルシリカ水溶液を50wt%混合しスラリーを作製する。次にB電極41が形成された直径15mm $\phi$ で厚さ1mmの強誘電体層50(BaTiO<sub>3</sub>を主成分とする板状の焼結体で、その下面にAg電極ペーストを30 $\mu\text{m}$ の厚さに焼付けてB電極41のみを形成したもの)の上面に前記スラリーを塗布し、乾燥機で120~150℃で10~30分間乾燥することで、強誘電体層50に厚さが約100 $\mu\text{m}$ の多孔質発光体層23を積層させた。さらに、多孔質発光体層23の上面にAg電極ペーストを厚さ30 $\mu\text{m}$ になるように焼付けて、A電極40を多孔質発光体層23の表面の一部に形成し、しかるのちに、透明C電極(インジウム-錫酸化物合金(ITO)、厚さ0.1 $\mu\text{m}$ )70が部分的に塗布されたガラス板(図示せず)を積層した。その結果、一对の電極のうちB電極41が強誘電体層50の下面に形成され、強誘電体層50の上面には多孔質発光体層23が積層され、その上面には一对の電極のうちの残りの電極、すなわちA電極40と他の電極としてのC電極70が形成された図4の断面構造を有する発光素子1を得た。

#### 【0065】

次に、この発光素子1の発光作用について説明する。発光素子1を駆動するために、A電極40とB電極41の間に分極が反転する電界を印加する。このような電圧の印加により、強誘電体層50で分極反転により電子が放出される。その後、他の電極つまりC電極70と一对の電極のうちB電極41の間に交番電界を印加することにより、放出された電子が多孔質発光体層23に入り、多孔質発光体層23内で沿面放電が発生する。この沿面放電は連鎖的に継続して起こり、加速された電子が発光中心に衝突し多孔質発光体層23が励起されて発光する。その際、紫外線や可視光線も発生する。

#### 【0066】

このとき印加する交番電界の波形を正弦波やノコギリ波から矩形波に変えること、また

は周波数を数十Hzから数千Hz上げることにより分極反転時の電子放出や沿面放電が一層激しく起り発光輝度が向上する。

#### 【0067】

また、交番電界の電圧値を上げるに従いバースト波が発生する。バースト波は強誘電体層50の分極反転時に発生するもので、発生周波数は正弦波ではピークの直前、ノコギリ波や矩形波ではピーク時に発生し、バースト波の電圧を上げるに従い発光輝度が向上した。いったん沿面放電が開始されると上述したように連鎖的に放電が繰り返され、絶えず紫外線や可視光線を発生するので、光線による蛍光体粒子23の劣化を抑制する必要がある、発光開始後には電圧を低減させる方が好ましい。

#### 【0068】

本実施の形態においては分極反転に際し、強誘電体層50の厚みに対して約0.5～1.0 kV/mmの電界を印加し、その後、交流電源を用いて発光素子1の厚さに対して約0.5～1.0 kV/mmの交番電界を印加させることにより、電子放出と沿面放電が発生し、続いて発光が開始された。なお、分極反転において印加する電界は大きい方が電子の発生を促進するが、小さすぎると電子の放出は不十分になる。

#### 【0069】

また、放電時の電流値は0.1 mA以下であった。また、発光がはじまると電圧を印加時の50～80%に低下させても発光が継続し、高輝度、高コントラスト、高認識性、高信頼性の発光であることが確認された。青色換算で、2～5 lm/Wの発光効率を持った発光デバイスを作製することが可能となった。

#### 【0070】

##### (実施の形態5)

第五の実施の形態について、図5を参照しながら発光素子の製造方法と発光作用について説明する。まず、Ag電極ペーストの焼付けにより一對の電極のうち一方のB電極41が下面に形成されている強誘電体50の上面に蛍光体粒子とコロイダルシリカ水溶液からなるスラリーを実施の形態1と同様に塗布し、乾燥機で120～150℃で10～30分間乾燥することにより、強誘電体層50に厚みが約50 μmの多孔質発光体層23を形成した。

#### 【0071】

次に、多孔質発光体層の上面に残りの電極、すなわちA電極40とC電極70をAgペーストの焼き付けによりメッシュ状に形成した。しかるのちに、2つの電極40と70を介して上記の蛍光体粒子を含有するスラリーを再度塗布し、乾燥機で120～150℃で10～30分間乾燥することにより、強誘電体層50に厚さが約50 μmの多孔質発光体層23を再度形成させた。こうすることにより、図5に本実施の形態における発光素子1の断面の構造を示すように、一對のA、B電極のうち一方が強誘電体層の下面に配置され、上面には多孔質発光体層23が積層され、この多孔質発光体層には一對の電極のうちの残りの一方の電極すなわちA電極40と他の電極、すなわちC電極70が埋設されている発光素子1が得られた。

#### 【0072】

次に、この発光素子1の発光作用について説明する。発光素子1を駆動するために、A電極40とB電極41の間に分極が反転する電界を印加する。このような電圧の印加により、強誘電体層50で分極反転により電子が放出される。その後、他の電極つまりC電極70と一對の電極のうちB電極41の間に交番電界を印加することにより、放出された電子が多孔質発光体層23に入り、多孔質発光体層23内で沿面放電が発生する。この沿面放電は連鎖的に継続して起こり、加速された電子が発光中心に衝突し多孔質発光体層23が励起されて発光した。その際、紫外線や可視光線も発生する。

#### 【0073】

印加する交番電界の波形を正弦波やノコギリ波から矩形波に変えることや周波数を数十Hzから数千Hz上げることにより分極反転時の電子放出や沿面放電がより激しく起り発光輝度が向上する。また、交番電界の電圧値を上げるに従いバースト波が発生する。バースト波は

強誘電体層50の分極反転時に発生するもので、発生周波数は正弦波ではピークの直前、ノコギリ波や矩形波ではピーク時に発生し、バースト波のピーク電圧を上げるに従い発光輝度が向上した。

#### 【0074】

いったん沿面放電が開始されると上述したように連鎖的に放電が繰り返され、絶えず紫外線や可視光線を発生するので、光線による蛍光体粒子11の劣化を抑制する必要がある、発光開始後には電圧を低減させる方が好ましい。

#### 【0075】

本実施の形態においては分極反転に際し、強誘電体層50の厚みに対して約0.7~1.2 kV/mmの電界を印加し、その後、交流電源を用いて発光素子1の厚さに対して約0.7~1.2 kV/mmの交番電界を印加させることにより、電子放出と沿面放電が発生し、続いて発光が開始された。なお、分極反転において印加する電界は大きい方が電子の発生を促進するが、小さすぎると電子の放出は不十分になる。

#### 【0076】

本実施の形態においては多孔質発光体層23で沿面放電が激しく発生して発光輝度が向上し、発光の程度は実施の形態1の場合とほぼ同等であった。

#### 【0077】

##### (実施の形態6)

第六の実施の形態について、図6を参照しながら説明する。本実施の形態においては強誘電体に焼結体を用いるのではなく、誘電体生シートと電極材料(例えばPd電極)と一緒に積層し同時に焼成することで強誘電体層内部に一对の電極であるA電極40とB電極41が埋設された強誘電体層50を作製した。得られた強誘電体層の上に実施の形態1で使用したものと同様のMgOからなる絶縁性無機物の絶縁体層12で被覆された蛍光体粒子11を含有するスラリーを塗布し、乾燥機を用いて120~150℃で10~30分間乾燥することで、強誘電体層50に厚さが約100 μmの多孔質発光体層23を積層させた。しかるのちに、多孔質発光体層23の上面に透明C電極(インジウム-錫酸化物合金(ITO)、厚さ0.1 μm)70が塗布されたガラス(図示せず)を積層した。その結果、一对のA、B電極40、41が強誘電体層50に埋設されて配置され、強誘電体層50の上には多孔質発光体層23が積層され、他の電極としてのC電極70が多孔質発光体の上面に形成された図6に示すような断面構造を有する発光素子1が得られた。

#### 【0078】

次に、この発光素子1の発光作用について説明する。発光素子1を駆動するために、A電極40とB電極40の間に分極が反転する電界を印加する。このような電圧の印加により、強誘電体層50で分極反転により電子が放出される。その後、他の電極すなわちC電極70と前記一对の電極の少なくとも一方の間に交番電界を印加することにより、放出された電子が多孔質発光体層23に入り、多孔質発光体層23内で沿面放電が発生する。この沿面放電は連鎖的に継続して生じ、加速された電子が発光中心に衝突し前記発光体層23が励起されて発光する。その際、紫外線や可視光線も発生する。

#### 【0079】

このとき印加する交番電界の波形を正弦波やノコギリ波から矩形波に変えることにより、また周波数を数十Hzから数千Hz上げることで分極反転時の電子放出や沿面放電がより激しく生じ、発光輝度が向上する。

#### 【0080】

また、交番電界の電圧値を上げるに従いバースト波が発生する。バースト波は強誘電体層50の分極反転時に発生するもので、発生周波数は正弦波ではピークの直前、ノコギリ波や矩形波ではピーク時に発生し、バースト波の電圧を上げるに従い発光輝度が向上した。

いったん沿面放電が開始されると上述したように連鎖的に放電が繰り返され、絶えず紫外線や可視光線を発生するので、光線による蛍光体粒子23の劣化を抑制する必要がある、発光開始後には電圧を低減させる方が好ましい。

## 【0081】

本実施の形態においては分極反転に際して強誘電体層50の厚みに対して約0.75～1.5 kV/mmの電界を印加する。その後、交流電源を用いて発光素子1の厚さに対して約0.5～1.0 kV/mmの交番電界を印加させることにより、電子放出と沿面放電が発生し、続いて発光が開始された。なお、分極反転において印加する電界は大きい方が電子の発生を促進するが、小さすぎると電子の放出は不十分になる。

## 【0082】

また、放電時の電流値は0.1 mA以下であった。また、発光がはじまると電圧を印加時の50～80%に低下させても発光が継続し、高輝度、高コントラスト、高認識性、高信頼性の発光であることが確認された。青色換算で、2～5 lm/Wの発光効率を持った発光デバイスを作製することが可能となった。

## 【0083】

本実施の形態においては蛍光体粒子11を含有するスラリーを作製するに当たりコロイダルシリカ水溶液を使用した。有機溶剤を使用しても同様の結果が得られることを確認した。すなわち、蛍光体粒子50 wt%に対して $\alpha$ -テレピネオール45 wt%、エチルセルロース5 wt%を混練したスラリーを使用し、強誘電体層50の表面にスクリーン印刷を行い、大気中で400～600℃、10～60分熱処理することで数 $\mu$ m～数十 $\mu$ mの厚みの多孔質発光体層23を作製することができる。この場合、熱処理温度を上げすぎると蛍光体の変質が起りやすいので温度管理と熱処理雰囲気管理が重要となる。その際、有機系スラリーに無機繊維18を含有させても同様の結果が得られる。

## 【0084】

また、発光素子自体を不活性ガスのNe、Ar、Kr、Xeなどの希ガス容器中に封入した場合、交番電界は約0.3～1.0 kV/mmで発光が持続し、不活性ガスを封入していない場合に比べ電圧が低下し、高輝度、高コントラスト、高認識性、高信頼性の良好な管状発光体を得られた。この理由は、不活性ガスを封入することにより放電がより発生しやすく、かつ紫外線が発生しやすい雰囲気になるためである。

## 【0085】

また、本実施の形態1では強誘電体としてBaTiO<sub>3</sub>を用いたがPZT(PbZrO<sub>3</sub>)やPbTiO<sub>3</sub>などの強誘電体を用いても同様の効果が有ることを確認した。また、強誘電体層には焼結体を使用してもよいし、スパッタ、CVD、蒸着、ゾル・ゲル等の薄膜形成プロセスで得られた強誘電体層を利用しても良い。

## 【0086】

また、本実施の形態では青色の蛍光体粒子を用いたが、赤または緑の発光を行う蛍光体粒子を用いても同様の結果が得られることが判明した。もちろん青、赤、緑の発光を生じる蛍光体の混合物でも同様の結果が得られた。

## 【0087】

本実施の形態の発光素子によれば、沿面放電による発光であるために、従来のような蛍光体層の形成に薄膜形成プロセスが不要であること、また真空系やキャリア増層を必要としないもので、構造や加工が容易である。

## 【0088】

(実施の形態7)

本実施の形態は上述の実施の形態6において、強誘電体層50の上にMgOからなる絶縁性無機物の絶縁体層12で被覆された蛍光体粒子11を含有するスラリーを塗布する代わりに、無機繊維18からなるセラミック板(厚さが約1 mm、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-CaO-SiO<sub>2</sub>系で空隙率が約45%のセラミック繊維板)を前記スラリーに含漬して乾燥させたものを積層する。図7に本実施の形態における発光素子1の断面を示すように、絶縁体層12で被覆された蛍光体粒子11を担持させた無機繊維18からなる板が強誘電体層50の上に積層されてなり、一對のA、B電極40、41が強誘電体層50に埋設され、C電極70が無機繊維板の上に配置されている発光素子1が得られた。

## 【0089】

この発光素子1の発光方法は実施の形態7と同様に行った。すなわち、発光素子1を駆動するために、A電極40とB電極40の間に分極が反転する電界を印加する。このような電圧の印加により、強誘電体層50で分極反転により電子が放出される。その後、他の電極、すなわちC電極70と前記一对の電極の少なくとも一方の間に交番電界を印加することにより、放出された電子が多孔質発光体層23に入り、多孔質発光体層23内で沿面放電が発生する。この沿面放電は連鎖的に継続して生じ、加速された電子が発光中心に衝突し前記発光体層23が励起されて発光した。発光がはじまると電圧を印加時の50～80%に低下させても発光が継続し、高輝度、高コントラスト、高認識性、高信頼性の発光であることが確認された。

#### 【0090】

##### (実施の形態8)

第八の実施の形態について図8を参照しながら説明する。本実施の形態における電極の配置は実施の形態1と同様である。実施の形態1では多孔質発光体層23は蛍光体粒子11の表面にMgOからなる絶縁性無機物の絶縁層12を形成したものをを用いて構成されていたが、本実施の形態では多孔質発光体層23は蛍光体粒子11とセラミック繊維18を主成分とするものから構成されている。図8は本実施の形態における発光素子1の断面図である。40、41是一对のA、B電極、11は蛍光体粒子、23は多孔質発光体層、50は強誘電体層である。上述したように、多孔質発光体層23は蛍光体粒子11とセラミック繊維18を主成分とするものから構成されていて、蛍光体粒子11は平均粒径が2～3 $\mu$ mのBaMgAl<sub>10</sub>O<sub>17</sub>:Eu<sup>2+</sup> (青)、Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>:Mn<sup>2+</sup> (緑)、YBO<sub>3</sub>:Eu<sup>3+</sup> (赤)の3種類の無機化合物を所望の発光を得るために、それぞれ単独またはそれらを混合したものをを用いることが可能である。また、セラミック繊維の形状は棒状のもの、テトラポット状のものがいずれも使用に供することが可能であり、繊維の構成成分についてはSiO<sub>2</sub>系のものやZnO系のものがいずれも使用が可能である。ただし、ZnO系では発光時に紫色が混ざるために注意が必要となる。

#### 【0091】

次に、図8の製造方法と発光作用について説明する。まず、強誘電体50の焼結体の一方の面にAgペーストを塗布し、焼き付けて一对のA、B電極40、41を形成する。次に、蛍光体粒子45wt%比と無機繊維粉10wt%比と $\alpha$ -テレピネオール40wt%、エチルセルロース5wt%を混練したスラリーを塗布し、乾燥後、大気中で400～600℃で熱処理して、強誘電体層50に厚みが約50 $\mu$ mの多孔質発光体層23を積層させる。しかるのちに、多孔質発光体層の上面に他の電極70を実施の形態1と同様にして形成することにより、一对のA、B電極40、41が共に強誘電体層50、他の電極、すなわちC電極が多孔質発光体層に形成された図8に示すような発光素子1が得られた。

#### 【0092】

発光素子1を駆動するために、A電極40とB電極40の間に分極が反転する電界を印加する。このような電圧の印加により、強誘電体層50で分極反転により電子が放出される。その後、他の電極、すなわちC電極70と前記一对の電極の少なくとも一方の間に交番電界を印加することにより、放出された電子が多孔質発光体層23に入り、多孔質発光体層23内で沿面放電が発生する。この沿面放電は連鎖的に継続して生じ、加速された電子が発光中心に衝突し前記発光体層23が励起されて発光する。その際、紫外線や可視光線も発生する。

#### 【0093】

このとき印加する交番電界の波形を正弦波やノコギリ波から矩形波に変えることにより、また周波数を数十Hzから数千Hz上げることで分極反転時の電子放出や沿面放電がより激しく生じ、発光輝度が向上する。

#### 【0094】

また、交番電界の電圧の値を上げるに従いバースト波が発生する。バースト波は強誘電体層50の分極反転時に発生するもので、発生周波数は正弦波ではピークの直前、ノコギリ波や矩形波ではピーク時に発生し、バースト波の電圧を上げるに従い発光輝度が向上し

た。

【0095】

いったん沿面放電が開始されると上述したように連鎖的に放電が繰り返され、絶えず紫外線や可視光線を発生するので、光線による蛍光体粒子の劣化を抑制する必要がある、発光開始後には電圧を低減させる方が好ましい。

【0096】

本実施の形態においては分極反転に際して強誘電体層 50 の厚みに対して約 0.4 ~ 0.8 kV/mm の電界を A 電極と B 電極の間に印加する。その後、交流電源を用いて発光素子 1 の厚さに対して約 0.5 ~ 1.0 kV/mm の交番電界を A 電極と C 電極の間に印加させることにより、電子放出と沿面放電が発生し、続いて発光が開始された。なお、分極反転において印加する電界は大きい方が電子の発生を促進するが、小さすぎると電子の放出は不十分になる。

【0097】

また、放電時の電流値は 0.1 mA 以下であった。また、発光がはじまると電圧を印加時の 50 ~ 80 % に低下させても発光が継続し、高輝度、高コントラスト、高認識性、高信頼性の発光であることが確認された。青色換算で、2 ~ 5 lm/W の発光効率を持った発光デバイスを作製することが可能となった。

【0098】

なお、多孔質発光体層を形成するに当たり、本実施の形態において述べたように、蛍光体粒子 11 粉末と無機繊維の粉末の混合粉をコロイダルシリカ水溶液もしくは有機溶媒でスラリー化し、塗布することにより多孔質発光体層を形成してもよいが、実施の形態 7 で記述したように、無機繊維板に蛍光体粒子を担持させたものを多孔質発光体層として強誘電体層の上に積層させてもよい。

【0099】

上記実施例においては、電極構成を 3 個とした 3 端子発光素子について説明したが、電極の数は 3 個に限られることなく、4 個以上とすることもできる。

【産業上の利用可能性】

【0100】

本発明にかかる発光素子は沿面放電による発光であるために、従来のような蛍光体層の形成に薄膜形成プロセスを使用することがなく、また真空系やキャリア倍増層も必要としないので加工が容易であり、このことから照明、特に液晶ディスプレイ用のバックライトなどに適用される発光体として有用である。また、本発明の発光素子は大型ディスプレイの単位画素を構成する発光体としても有用である。

【図面の簡単な説明】

【0101】

【図 1】 本発明の実施の形態 1 における発光素子の断面図。

【図 2】 本発明の実施の形態 2 における発光素子の断面図。

【図 3】 本発明の実施の形態 3 における発光素子の断面図。

【図 4】 本発明の実施の形態 4 における発光素子の断面図。

【図 5】 本発明の実施の形態 5 における発光素子の断面図。

【図 6】 本発明の実施の形態 6 における発光素子の断面図。

【図 7】 本発明の実施の形態 7 における発光素子の断面図。

【図 8】 本発明の実施の形態 8 における発光素子の断面図。

【図 9】 従来例の非特許文献 2 における発光素子の断面図。

【図 10】 従来例の特許文献 3 における発光素子の断面図。

【符号の説明】

【0102】

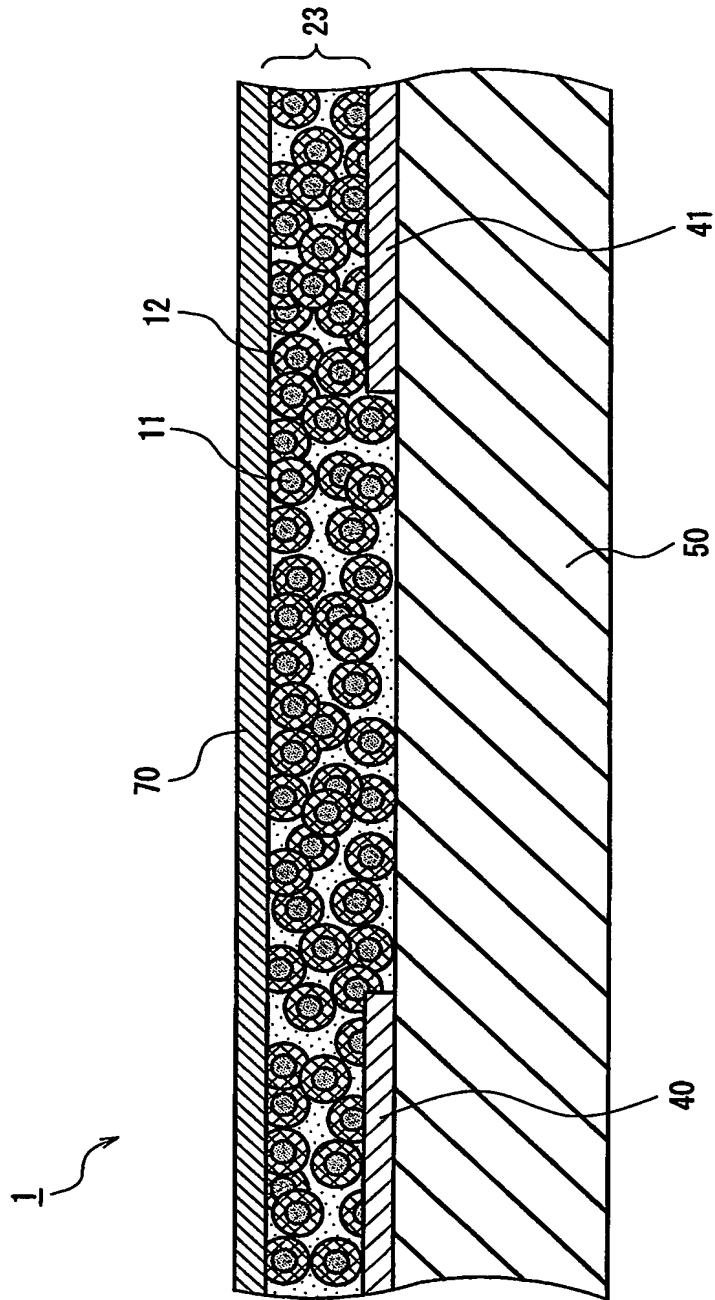
1 発光素子

11 蛍光体粒子

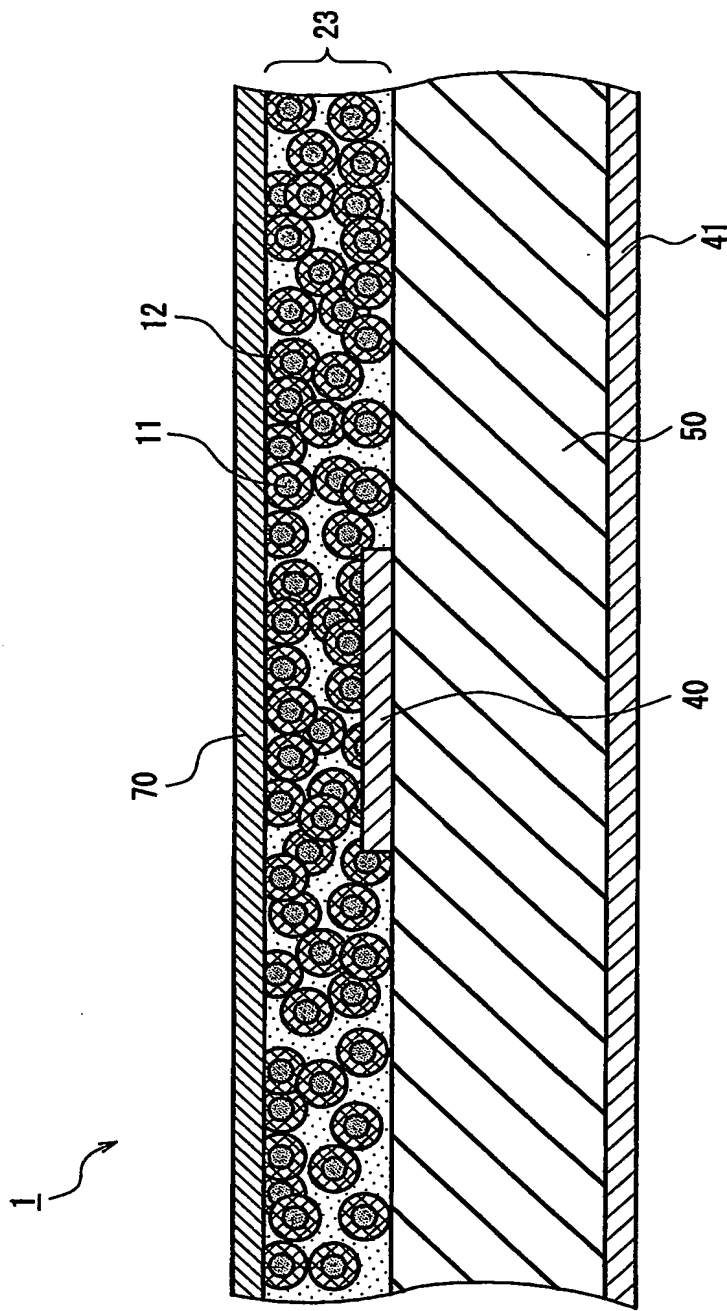
12 絶縁体層

1 8 無機繊維  
2 3 多孔質発光体層  
4 0, 4 1, 7 0 電極  
5 0 強誘電体層

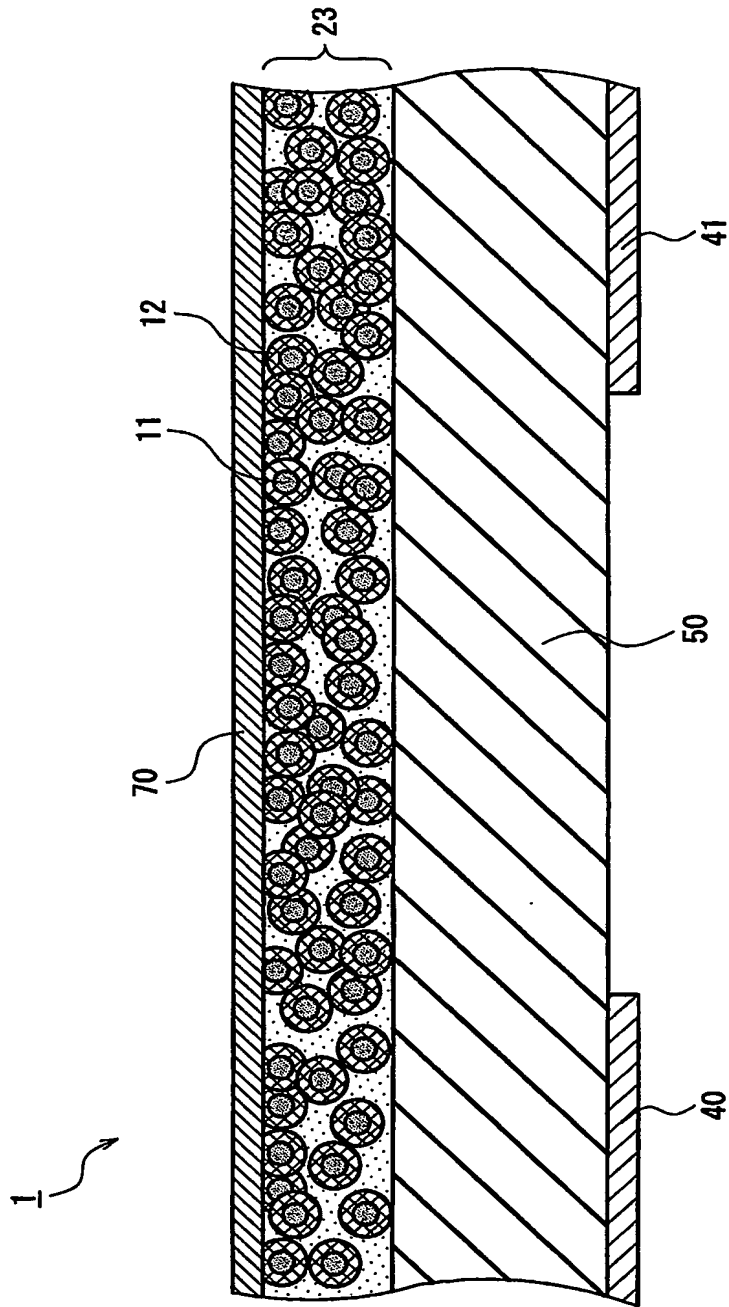
【書類名】 図面  
【図 1】



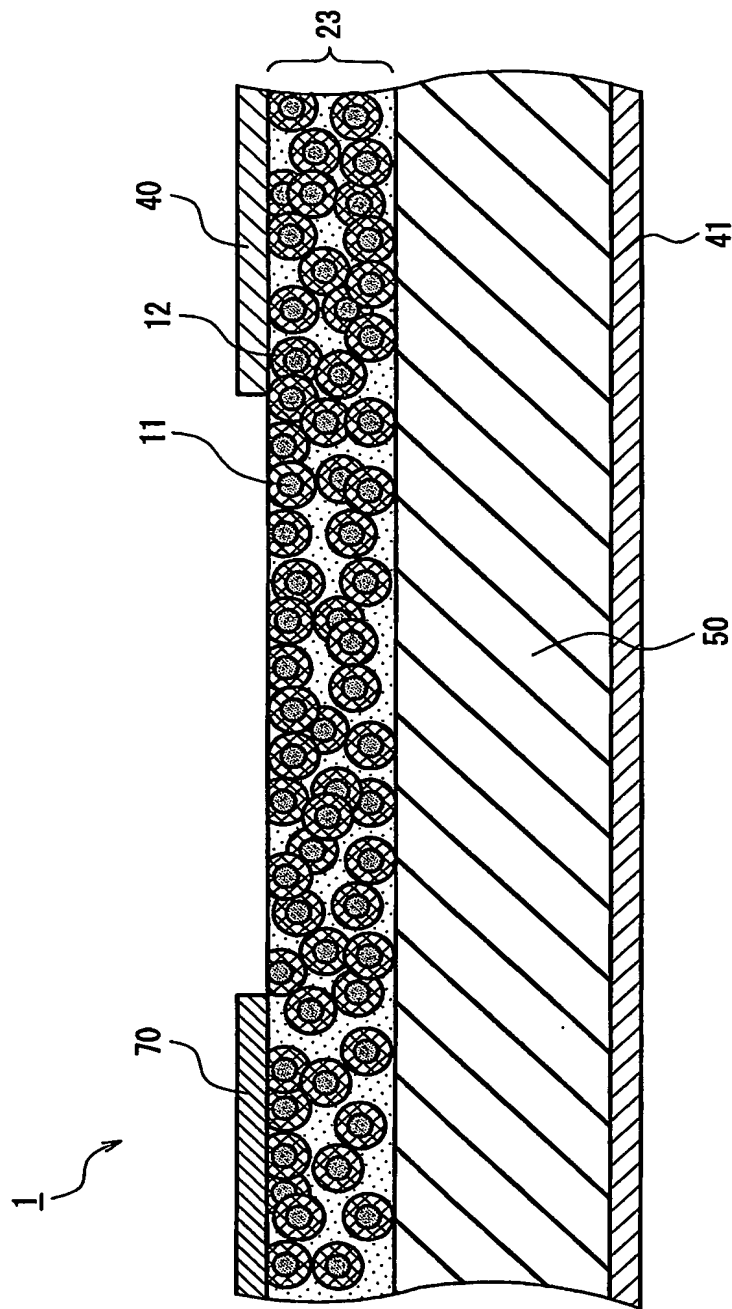
【図 2】



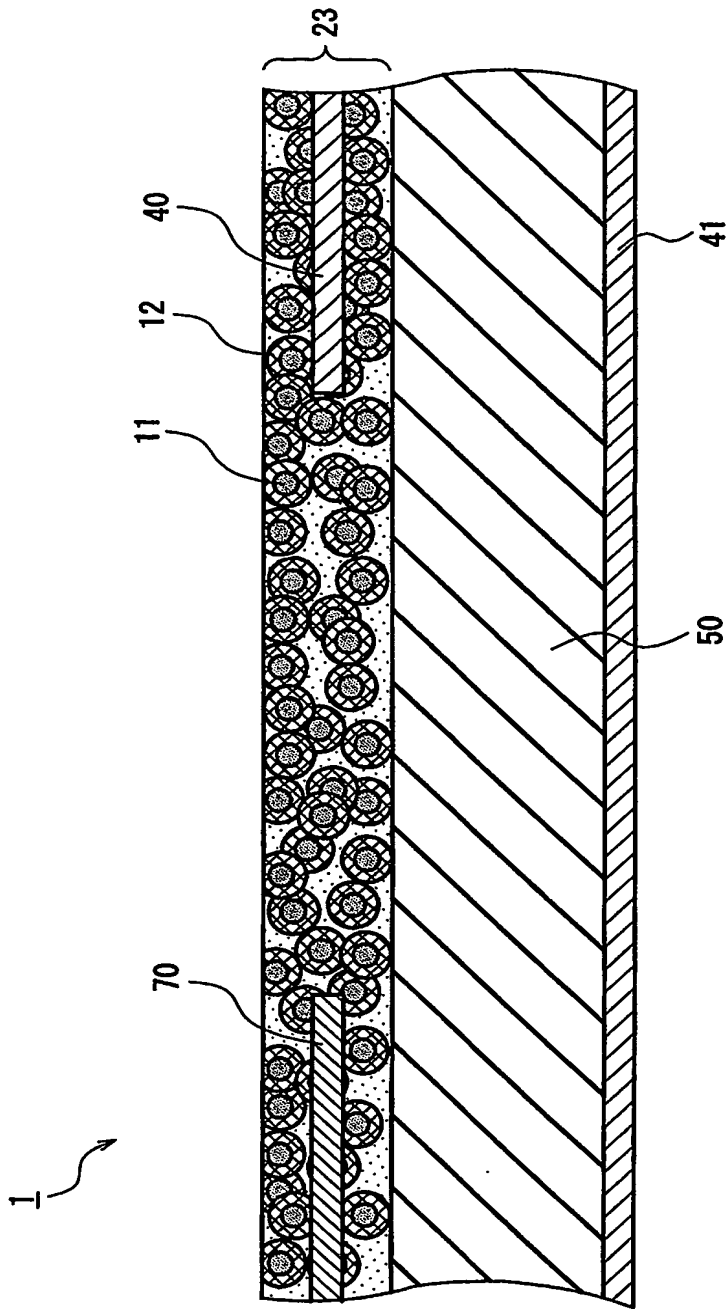
【図 3】



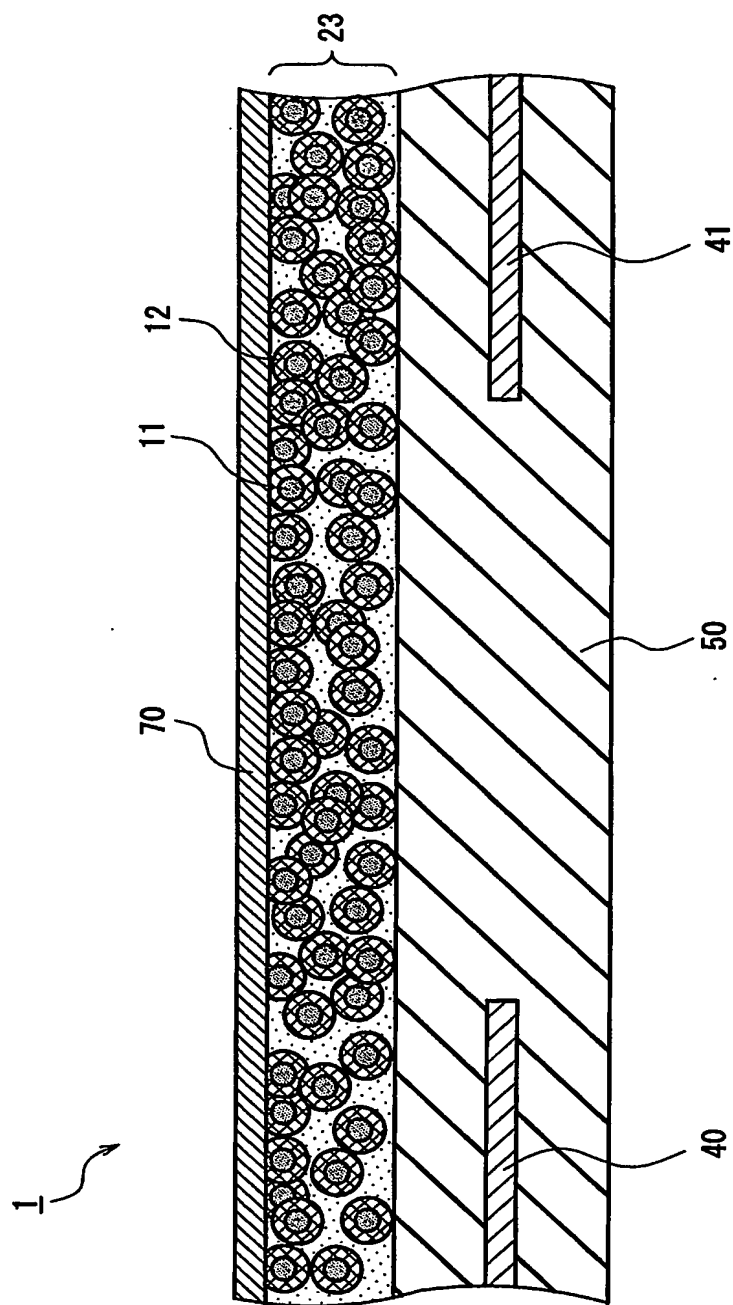
【図4】



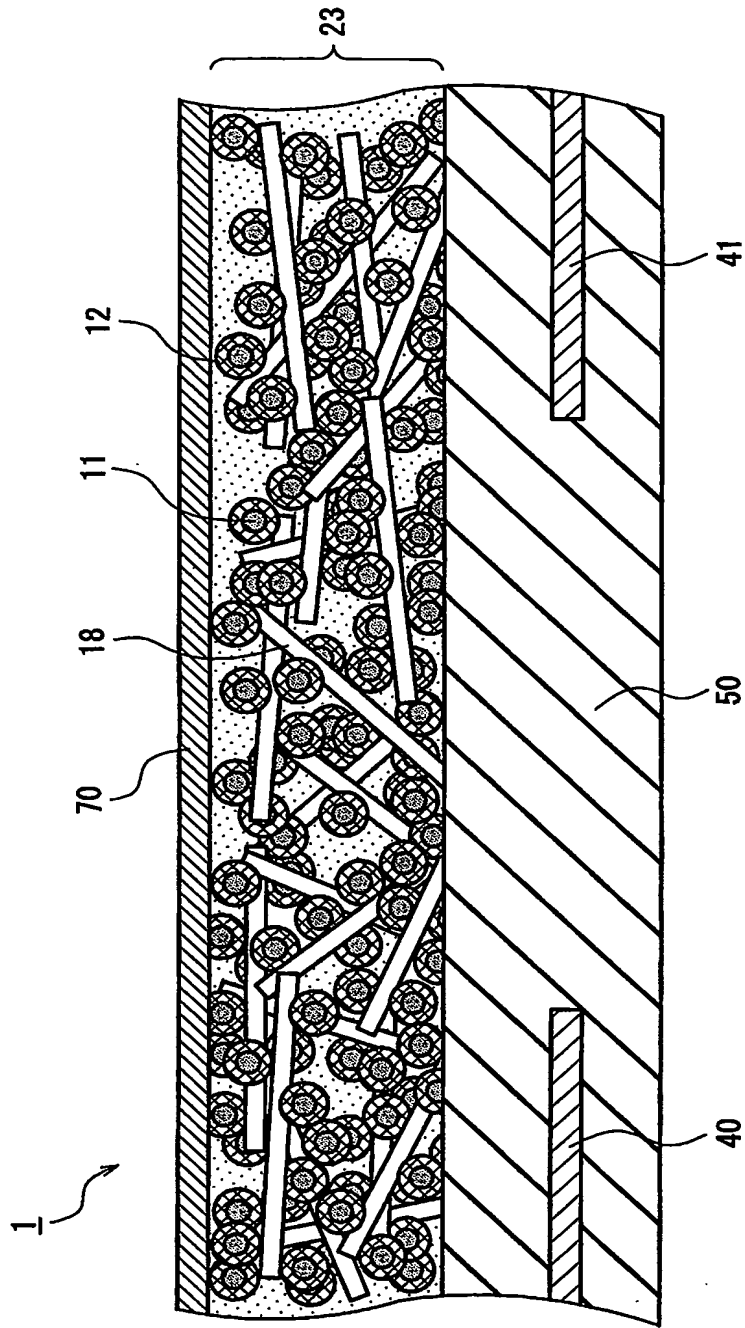
【図 5】



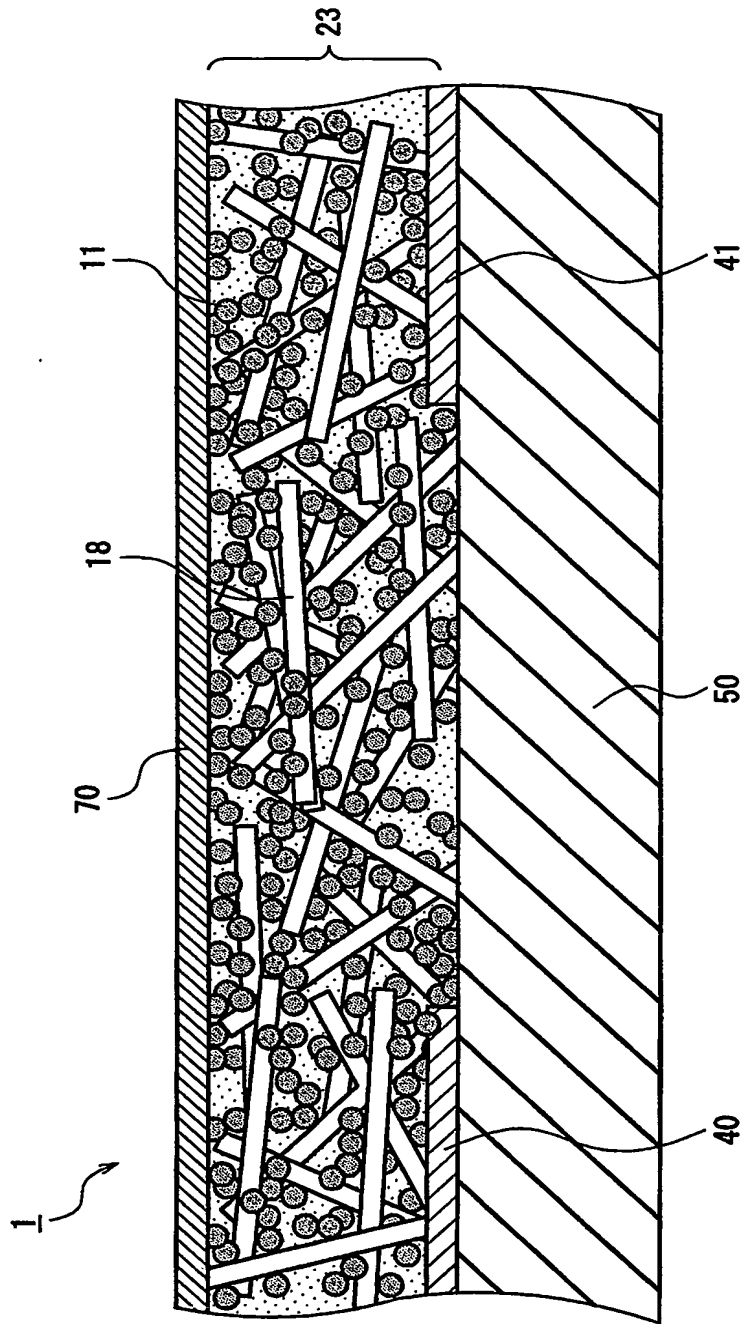
【図 6】



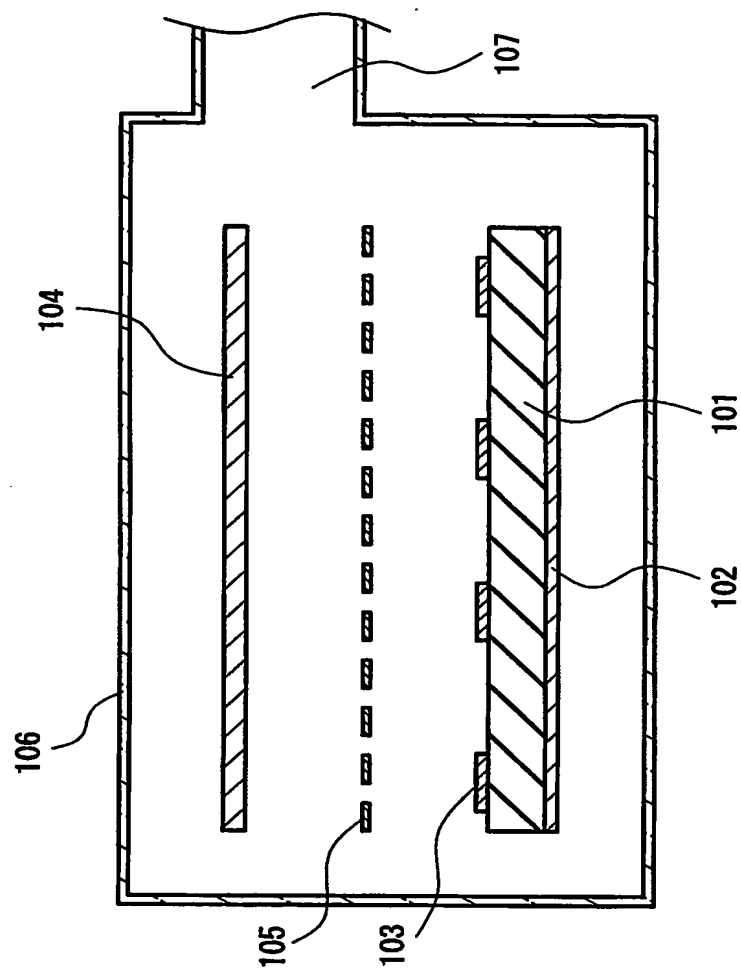
【図 7】



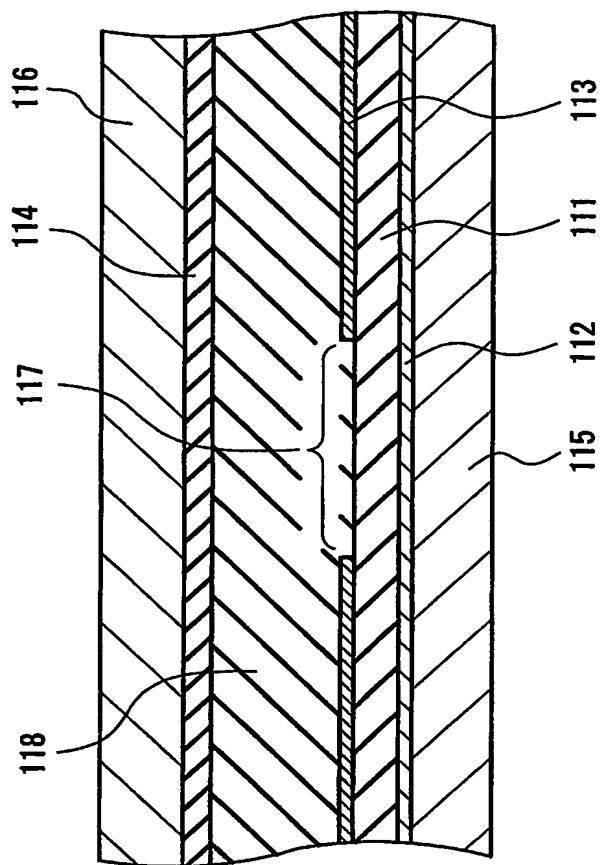
【図8】



【図 9】



【図 10】



## 【書類名】要約書

## 【要約】

【課題】薄膜形成のプロセス、真空系又はキャリア倍増層を必要としない構造や加工が容易である多端子沿面発光素子を提供する。

【解決手段】強誘電体層(50)と、無機蛍光体粒子を含む多孔質発光体層(23)と、複数の電極(一对の電極(40, 41)と他の電極(70))を含み、一对の電極は強誘電体層の少なくとも一部に電界が印加されるように配置され、他の電極は一对の電極の少なくとも一方との間において、多孔質発光体層の少なくとも一部に電界が印加されるように配置されている。一对の電極間に分極反転の電界を印加すると、強誘電体層から電子の放出が起こる。次に、他の電極と一对の電極の少なくとも一方との間において、多孔質発光体層の少なくとも一部に交番電界が印加され、放出された電子が多孔質発光体層で雪崩的に沿面放電を発生し、加速された電子が発光中心を励起して多孔質発光体層が発光する。

【選択図】 図1

特願 2003-383907

出願人履歴情報

識別番号

[000005821]

1. 変更年月日

1990年 8月28日

[変更理由]

新規登録

住所

大阪府門真市大字門真1006番地

氏名

松下電器産業株式会社